



The Analysis of the Validity of Carbon Hysteresis in Türkiye with Rals-Lm Unit Root Test

Kerem Fırat Coşkun^{1,a,*}, Özge Buzdağlı^{2,b}

¹Atatürk University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics

²Atatürk Üniversitesi, Atatürk University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Economics

*Corresponding author

Research Article

History

Received: 30/07/2023

Accepted: 05/12/2023

Jel Codes: C51, F64, Q56

ABSTRACT

Today, global climate change has become an important problem. It is well known that CO₂ emissions are one of the most important causes of climate change. The Kyoto Protocol, in which Türkiye is also a participant and which has been signed by more than 100 countries, has set targets for reducing CO₂ emissions. Despite the Paris Agreement, the current version of this protocol, and other agreements that were subsequently reached at the international level, it can be seen that the targets for reducing CO₂ emissions have not been met, but on the contrary, they continue to increase over time. Therefore, this upward trend raises the possibility of a hysteresis effect as in the unemployment hysteresis hypothesis. The hysteresis effect means that the effect of the shock on the macroeconomic variable addressed is permanent, that is, the series cannot return to its previous equilibrium level even after the effect of the shock has passed. In this study, CO₂ emissions are discussed from the point of view of the hysteresis hypothesis. For this purpose, it was investigated whether carbon hysteresis is valid in Türkiye. In the literature, the hysteresis effect is analysed with unit root tests. In this study, the extended RALS-LM unit root test with residuals developed by Meng et al. (2017) is used. The distinctive feature of this test is that, unlike traditional unit root tests, it accounts for situations in which the residuals do not conform to the normal distribution. Annual CO₂ emission series data in metric tons for the period 1960-2021 were used for the analysis. In the analysis results, it was found that the CO₂ emission series is stationary. For this reason, it can be said that there is no carbon hysteresis in Türkiye. Therefore, it can be concluded that the policies implemented to reduce CO₂ emissions in Türkiye have only a temporary effect.

Keywords: Carbon Hysteresis, RALS-LM Unit Root Test, Türkiye

Türkiye’de Karbon Histerisinin Geçerliliğinin Rals-Lm Birim Kök Testi ile Analizi*

Süreç

Geliş: 30/07/2023

Kabul: 05/12/2023

Jel Kodları: C51, F64, Q56

Öz

Günümüzde küresel iklim değişikliği önemli bir sorun haline gelmiştir. İklim değişikliğinin en önemli nedenleri arasında CO₂ emisyonlarının yer aldığı bilinmektedir. Türkiye’nin de dahil olduğu ve 100’den fazla ülkenin imzaladığı Kyoto Protokolü’nde CO₂ emisyonlarının azaltılmasına yönelik hedefler belirlenmiştir. Bu protokolün güncel hali olan Paris Anlaşması ve akabinde uluslararası düzeyde yapılan diğer anlaşmalara rağmen, CO₂ emisyonlarının azaltılması hedeflerine ulaşamadığı, tam aksine zamanla artış göstermeye devam ettiği görülmektedir. Dolayısıyla bu artış trendi işsizlik histerisi hipotezindeki gibi bir histeri etkisinin varlığı ihtimalini akla getirmektedir. Histeri etkisi ele alınan makroekonomik değişkene gelen şokun etkisinin kalıcı olduğunu, diğer bir ifadeyle şokun etkisinin geçmesine rağmen serinin eski denge düzeyine dönememesini ifade etmektedir. Bu çalışmada CO₂ emisyonları histeri hipotezi açısından ele alınmıştır. Bu amaçla Türkiye’de karbon histerisinin geçerli olup olmadığı araştırılmıştır. Literatürde histeri etkisi birim kök testleri ile analiz edilmektedir. Çalışmada Meng vd. (2017) tarafından geliştirilen kalıntılarla genişletilmiş RALS-LM birim kök testi kullanılmıştır. Bu testin özelliği geleneksel birim kök testlerinin aksine kalıntıların normal dağılıma uymadığı durumları dikkate almasıdır. Analizde 1960-2021 dönemi için metrik ton cinsinden CO₂ emisyon serisine ait yıllık verilerden yararlanılmıştır. Analiz sonuçlarında CO₂ emisyon serisinin durağan olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle Türkiye’de karbon histerisinin geçerli olmadığı söylenebilir. Dolayısıyla Türkiye’de CO₂ emisyonlarının azaltılması için uygulanan politikaların sadece geçici bir etkiye sahip olduğu ifade edilebilir.

Anahtar Kelimeler: Karbon Histerisi, RALS-LM Birim Kök Testi, Türkiye

^a keremfirat.coskun@atauni.edu.tr

^b 0000-0001-9227-2414

ozgetatlici@atauni.edu.tr

0000-0002-2798-9889

How to Cite: Coşkun KF, Buzdağlı Ö (2024) The Analysis Of The Validity Of Carbon Hysteresis In Türkiye With Rals-Lm Unit Root Test, Journal of Economics and Administrative Sciences, 25(1): 69-80 DOI: 10.37880/cumuiibf.1334894

Bu çalışma “Uluslararası Ekonomi Finans ve İşletme Kongresi’nde” 26.05.2023 tarihinde özet bildiri olarak sunulmuştur.

Giriş

Son yıllarda küresel ölçekteki en büyük sorunlardan biri iklim değişikliğidir. İklim değişikliğiyle mücadelenin ön safhalarında yer alan Birleşmiş Milletler, bu kapsamda çok sayıda konferans ve anlaşmanın yapılmasına imkân sağlamıştır. Çevre konusunda yapılan ilk konferans 1972'de Stokholm'de gerçekleştirilen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı'dır. Katılımcılar, bu konferansta Stockholm Bildirgesi ve Eylem Planı dahil olmak üzere çevrenin sağlıklı yönetimi için bir dizi ilkeyi kabul etmişlerdir. Konferansın en önemli sonuçlarından biri Birleşmiş Milletler Çevre Programının (United Nations Environment Programme, UNEP) oluşturulmasıdır (United Nations, 2023a).

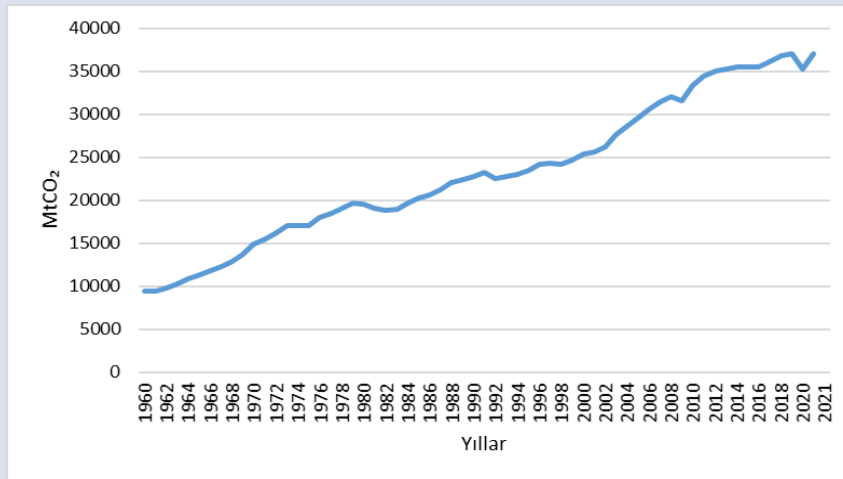
Çevre sorununa yönelik küresel konferanslardan ikincisi "Dünya Zirvesi" olarak da bilinen ve 1992 yılında Brezilya'nın Rio de Janeiro kentinde yapılan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (United Nations Conference on Environment and Development, UNCED)'dir. Bu konferansın temel amacı, yirmi birinci yüzyılda çevre ve kalkınma konularında uluslararası eylem için geniş bir gündem ve yeni bir plan üretmektir. Konferansın en önemli başarısı Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) imzaya açılmasıdır. Sözleşme, atmosferdeki sera gazı konsantrasyonlarının, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli antropojenik (insan kaynaklı) müdahaleyi önleyecek bir seviyede dengelenmesini amaçlamaktadır (United Nations Climate Change, 2023).

Sera gazı emisyonlarını azaltmak için yasal olarak bağlayıcı hedefler belirleyen ilk uluslararası anlaşma ise 1997'de Japonya'da imzalanan Kyoto Protokolüdür. Bu protokol UNFCCC'ye ek bir anlaşma niteliğinde olup, karmaşık bir onay süreci nedeniyle 2005'te yürürlüğe konmuştur. Kyoto Protokolü, atmosferdeki yüksek seviyelerde sera gazından büyük ölçüde sorumlu oldukları için yalnızca gelişmiş ülkeleri bağlamakta olup, 37 sanayileşmiş ülkenin ve Avrupa Topluluğu'nun sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesinin ortalama yüzde 5 altına

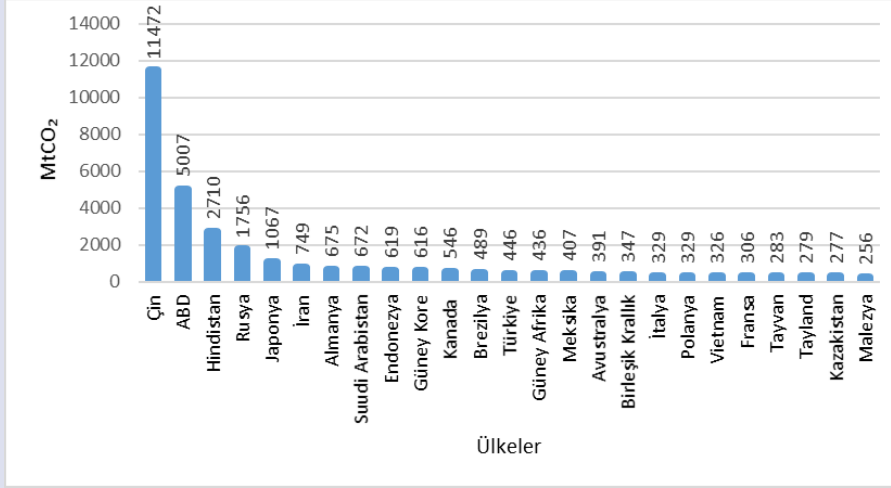
indirmelerini zorunlu kılmaktadır. Ülkelerin emisyon azaltma hedeflerine ulaşmalarına imkân tanımak için protokolde zorunlu karbon piyasaları kapsamında üç mekanizma kurulmuştur. Bu mekanizmalardan biri Uluslararası Emisyon ticaretidir. Emisyon ticareti aracılığıyla izin verileden daha az emisyon üreten ülkeler bu farkı, iznini aşan sanayileşmiş ülkelere satabilmekte ve böylece emisyonları azaltmak ekonomik olarak yararlı hale gelmektedir. Diğer mekanizmalar ise Temiz Kalkınma Mekanizması ve Ortak Uygulama Mekanizması olup, bunlar aracılığıyla ülkeler emisyon azaltımına yönelik projelere yatırım yapabilmekte ve kredi puanı kazanabilmektedirler (United Nations, 2023b).

2015 yılına gelindiğinde ülkeler Kyoto Protokolü'nün yerini alacak olan Paris Anlaşması'nı imzalamışlardır. Paris Anlaşması Kasım 2016'da yürürlüğe giren ve yasal olarak bağlayıcı bir Uluslararası İklim Değişikliği Antlaşmasıdır. Anlaşmanın amacı, tüm ülkelerin sera gazı emisyonlarının azaltılmasını ve küresel ortalama sıcaklıktaki artışın 1.5 °C'nin altında tutulmasını sağlamaktır. Küresel ısınmayı 1.5 °C ile sınırlamak için, sera gazı emisyonları en son 2025'ten önce zirveye ulaşmalıdır. 2030'a kadar ise bu emisyon % 43 azalmalıdır (United Nations Climate Change, 2023).

Birleşmiş Milletler, Paris Anlaşması'nın ardından her yıl düzenli olarak iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik konferanslar düzenlemeye devam etmektedir. Her konferansta Paris Anlaşması'nda kabul edilen hedeflere ulaşılması için ülkelere çağrıda bulunarak ortak hareket etmenin önemine vurgu yapmaktadır. Ancak tüm bu çabalara rağmen sera gazı emisyonlarının küresel ölçekte azalış yerine artma eğiliminde olduğu görülmektedir. Sera gazları arasında en yoğun emisyonla sahip olan gazın CO₂ olduğu bilinmektedir. Uluslararası Enerji Ajansının (International Energy Agency, IEA) 2022 yılındaki raporuna göre enerji kullanımı ve sanayi faaliyetleri sonucu açığa çıkan küresel CO₂ emisyonu 2021'de tarihin en yüksek seviyesine ulaşarak (2020'ye oranla % 6 artarak 36,3 gigatona yükselmiş) rekor kırmıştır. Dünyada 1960-2021 döneminde karbon emisyonunun seyri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: 1960-2021 Yılları Arasında Dünyada Karbon Emisyonu (Global Carbon Atlas)
Figure 1. Carbon Emission in the World Between 1960-2021 (Global Carbon Atlas)



Şekil 2: 2021 Yılı İtibariyle Karbon Emisyonu En Fazla Olan 25 Ülke (Global Carbon Atlas)
The 25 Countries with the Highest Carbon Emissions as of 2021 (Global Carbon Atlas)

Şekil 1’de görüldüğü gibi karbon emisyonu küresel ölçekte artan bir trende sahiptir. Karbon emisyonu 1960 yılında 9300 metrik ton iken yirmi yılda yaklaşık iki katına çıkmıştır. 1980 yılından günümüze kadar bakıldığında benzer şekilde artış göstererek 2021 yılında 37123 metrik tona ulaşmıştır. 2021 yılı itibariyle dünyada karbon emisyonunun en yüksek olduğu 25 ülke ise Şekil 2’de sıralanmıştır.

Şekil 2’de görüldüğü gibi karbon emisyonunun en yüksek olduğu ülkeler arasında 1.sırayı 11472 metrik ton (Mt) ile Çin alırken, onu sırasıyla ABD, Hindistan, Rusya ve Japonya izlemektedir. Türkiye’nin ise 446 Mt emisyon hacmi ile 13. sırada yer aldığı dikkat çekmektedir.

Kyoto Protokolü’nün 184, Paris Anlaşması’nın ise 194 ülke tarafından kabul edildiği gerçeğine rağmen dünyada karbon emisyonunun neden sürekli artış gösterdiği araştırmacıların merakla cevabını aradığı sorulardan biridir. Karbon emisyonlarının analizi literatürde sıklıkla Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi (ÇKEH) ve Karbon Yakınsaması çerçevesinde yapılmaktadır. ÇKEH’ye göre ülkelerin geliri ile çevresel bozulma arasında ters U şeklinde bir ilişki vardır. Diğer ifadeyle ülkenin geliri arttıkça ilk başta çevresel bozulma artar, ancak gelir belirli bir noktaya ulaştığında gelir artışına rağmen çevresel bozulma azalış gösterir. Çünkü kalkınmanın ilk aşamalarında ülkeler çevresel bozulma pahasına büyümeyi tercih ederken, belli bir gelir düzeyine eriştiklerinde çevre dostu teknoloji kullanımına önem vererek, çevresel bozulmayı azaltıcı yönde büyümeyi tercih ederler (Grossman & Krueger, 1994: 20). ÇKEH’ye yönelik çalışmalarda çevresel bozulma göstergesi olarak çoğunlukla karbon emisyonunun kullanıldığı gözlenmektedir.

Karbon Yakınsaması kavramı ise karbon emisyonlarına yönelik şokların geçici olduğunu ve uzun vadede eski düzeyine geri döndüğünü ifade etmektedir. Yakınsama kavramı ÇKEH ile de ilişkilidir. Eğer ülkenin geliri denge gelirin altındaysa ve ülke Çevresel Kuznets Eğrisi’nin azalan eğimli kısmında bulunuyorsa ekonomik

büyümedeki artış hızı, çevresel kirlenmedeki azalış hızından daha azdır. Eğrinin artan eğimli kısmında olan ülke için ise sürecin tam tersi işleyişi söz konusudur (Strazicich & List, 2003: 267, 269).

Karbon emisyonlarının sürekli artış trendi göstermesi işsizlik histerisi hipotezindeki gibi bir histeri etkisinin varlığı ihtimalini de akla getirmektedir. Çağlar ve Mert (2022) bu durumu Karbon Histeri Hipotezi (KHH) adı altında yeni bir kavramla açıklamışlardır. Bilindiği gibi histeri etkisi ele alınan makroekonomik değişkene gelen şokun etkisinin kalıcı olduğunu yani şokun etkisinin geçmesine rağmen serinin eski denge düzeyine dönememesini ifade etmektedir. Blanchard ve Summers (1986, 1987)’nin İşsizlik Histerisi Hipotezine benzer şekilde Çağlar ve Mert (2022) karbon emisyonu serisi için histeri etkisinin varlığını birim kök analiziyle incelemektedir. Analize göre serinin birim kök içermesi şokların kalıcı olduğu yani KHH’nin geçerli olduğu; serinin durağan bulunması ise şokların geçici olduğu yani KHH’nin geçersiz olduğu anlamına gelmektedir. KHH’nin geçerli olduğu tespit edildiğinde ikinci aşama olan pozitif veya negatif histeri etkisinin varlığı araştırılmaktadır. Bunun için $CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 t + u_t$ biçimindeki denklem tahmini yapılır. Denklemde t trendi, u ise hata terimini temsil etmektedir. Trendin katsayısı olan β_1 ’in pozitif çıkması pozitif histerinin, negatif çıkması ise negatif histerinin varlığını ortaya koymaktadır (Çağlar & Mert, 2022: 1591-1592).

Çağlar ve Mert (2022), pozitif ve negatif histeri etkisinin ÇKEH ile yakından ilişkili olduğunu ileri sürmektedirler. Yazarlara göre pozitif histeri etkisinde olan ülkeler Çevresel Kuznets Eğrisi’nin sol tarafında, negatif histeri etkisinde olan ülkeler ise eğrinin sağ tarafında yer almaktadırlar.

Bu çalışmada CO₂ emisyonları histeri hipotezi açısından ele alınmaktadır. Bu amaçla Türkiye’de 1960-2021 döneminde karbon histerisinin geçerli olup olmadığı araştırılmaktadır. Türkiye Kyoto Protokolü’ne imza atmış olmakla birlikte zorunlu değil gönüllü karbon piyasaları içinde 2005 yılından itibaren yer almaktadır. Kyoto

Protokolü'nün yerini alan Paris Anlaşması'nı da 2016'da imzalayıp, 2021'de onaylayan Türkiye anlaşma kapsamında sorumluluklarını yerine getirmeye yönelik planlarını Ulusal Katkı Beyanları adı altında Birleşmiş Milletlere sunmaktadır (Yüksel ve ark., 2012: 12). Dolayısıyla Türkiye'de karbon emisyonlarını azaltmak için uygulanan politikaların etkili olup olmadığının KHH gibi yeni bir kavram üzerinden ve Kalıntılarla Genişletilmiş En Küçük Kareler (RALS-LM) birim kök testi gibi güncel bir yöntemle incelenmesi açısından literatüre katkı sağlanacağı düşünülmektedir. Bu çerçevede çalışmanın takip eden bölümünde literatür araştırmasına, ardından analizde kullanılan veri ve yöntemle yer verilmektedir. Ampirik bulgular kısmında analizden elde edilen sonuçlar yorumlanmakta, sonuç ve öneriler bölümüyle çalışma tamamlanmaktadır.

Literatür

Karbon histeri hipotezi oldukça yeni bir hipotez olduğundan henüz kapsamlı bir literatür oluşmamıştır. Bu hipoteze yönelik ilk çalışma Çağlar ve Mert (2022)'ye aittir. Yazarlar çalışmalarında en yüksek karbon emisyonuna sahip beş ülkenin (Çin, Hindistan, Japonya, Rusya ve ABD) 1965-2020 dönemini ele almış ve panel birim kök testleri aracılığıyla karbon histerisi hipotezinin geçerliliğini araştırmışlardır. Analiz sonuçları hipotezin beş ülke açısından da geçerli olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca ABD, Rusya ve Japonya için negatif histeri; Çin ve Hindistan için pozitif histeri etkisinin varlığı tespit edilmiştir. Hipoteze yönelik diğer çalışma yine Çağlar ve Mert (2022) tarafından yapılmış olup, Türkiye için hipotezin geçerliliği incelenmiştir. 1960-2018 dönemine ait verilere uygulanan Fourier birim kök testleri sonucunda karbon emisyon serisinin birim kök içerdiği, dolayısıyla Türkiye için histeri hipotezinin geçerli olduğu görülmüştür. Histeri etkisinin yönü ise Bai-Perron yaklaşımıyla araştırılmış ve pozitif olarak belirlenmiştir.

Karbon histeri hipotezi çevresel kuznets eğrisi hipoteziyle (ÇKEH) yakından ilişkilidir. Dolayısıyla literatürde ÇKEH'ye yönelik çalışmalara da yer verilmesi uygun görülmüştür. ÇKEH'nin sınındığı çalışmalarda ortak bir görüşün bulunmadığı söylenebilir. Örneğin Hindistan (Alam ve ark., 2011; Ahmad ve ark., 2016), Rusya (Pao ve ark., 2011), Kamboçya (Öztürk & Al-Mulali, 2015), Vietnam (Al-Mulali ve ark., 2015) ve Çin (Fei ve ark., 2011; Du ve ark., 2012; Wang ve ark. 2016) üzerine yapılan çalışmalarda ÇKEH geçersizken; Tunus (Fodha ve Zaghdoud, 2010; Farhani ve ark., 2014; Shahbaz ve ark., 2014), Pakistan (Nasir & Rehman, 2011; Shahbaz ve ark., 2012; Ahmed & Long, 2012), Kenya (Sarkodie & Öztürk, 2020), Ekvator (Robalino-Lopez ve ark., 2014), Birleşik Arap Emirlikleri (Shahbaz ve ark., 2014), Güney Afrika (Kohler, 2013) ve Malezya (Saboori ve ark., 2012; Shahbaz ve ark., 2013; Lau ve ark., 2014; Saboori ve ark., 2016) üzerine yapılan çalışmalarda ise ÇKEH'nin geçerli olduğu tespit edilmiştir. Literatürde ÇKEH'nin sınındığı birden çok ülkeyi, ülke gruplarını ve ekonomik birlikleri ele alan çalışmalar da mevcuttur. Örneğin ASEAN (Lean & Smyth,

2010; Saboori & Sulaiman, 2013), BRIC (Pao & Tsai, 2011) ve OECD (Cho ve ark., 2014) için ÇKEH geçerli bulunurken, MENA (Arouri ve ark., 2012) için ÇKEH'nin geçersiz olduğu gözlenmiştir. AB üzerine yapılan çalışmalarda ise ÇKEH'nin geçerli olduğu sonucuna varılmıştır (Atıcı, 2009; Marrero, 2010; Boubellouta & Kusch-Brandt, 2020). Gerek tek ülkeyi gerekse çok ülkeyi ele alan çalışmalarda ÇKEH açısından farklı sonuçların bulunması, incelenen dönem, değişkenler ve yöntem farklılığından kaynaklanabilir.

ÇKEH'yi Türkiye için inceleyen çalışmalarda da ortak bir bulguya erişilmediği gözlenmiştir. Ancak ÇKEH'nin geçerli olduğunu öne süren çalışmaların çoğunlukta olduğu söylenebilir. Bu çalışmalar arasında Öztürk ve Acaravcı (2013), Shahbaz vd. (2013), Yavuz (2014), Balibey (2015), Bölük ve Mert (2015), Destek ve Özsoy (2015), Gökmenoğlu ve Taşpınar (2016), Bilgili vd. (2016), Gözgör ve Can (2016), Çetin ve Ecevit (2017), Katircioğlu (2017); Katircioğlu ve Taşpınar (2017), Koçak ve Şarkgüneşi (2018) yer almaktadır. Halıcıoğlu (2009), Öztürk ve Acaravcı (2010), Yurttagüler ve Kutlu (2017), Dar ve Asif (2018) ise hipotezin geçersiz olduğu sonucuna varmışlardır.

Literatürde karbon emisyonlarının ele alındığı konulardan bir diğeri de karbon yakınsamasıdır. Stokastik yakınsama hipotezine göre karbon emisyon serisinin durağan bulunması yakınsamanın varlığına, birim köklü bulunması ise ıraksamanın varlığına işaret etmektedir. Karbon yakınsamasına yönelik öncü çalışma Strazicich ve List (2003)'e aittir. Yazarlar 21 sanayileşmiş ülkenin 1960-1997 dönemine ait kişi başı CO₂ emisyonu verilerine panel birim kök testleri uygulamış ve yakınsamanın bulunduğunu tespit etmişlerdir. Yazarları takiben yapılan çalışmalarda çoğunlukla OECD ülkelerinin incelendiği dikkat çekmektedir. Bunlar arasında Aldy (2006), Romero-Ávila (2008), Carmarero vd. (2008), Westerlund ve Basher (2008), Lee ve Chang (2009), Presno vd. (2018), Solarin (2019) yakınsamanın varlığını tespit ederken; Barassi vd. (2008), Lee ve Chang (2008) yakınsamanın olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Diğer yandan MENA ülkelerini ele alan çalışmalardan Yıldız ve Boz (2020) yakınsama tespit ederlerken, Magazzino (2019) yakınsama bulunmadığını gözlemlemiştir. Yakınsama çalışmalarında da ortak bir sonuca varılamadığı, bunun da yine dönem ve yöntem farklılığından kaynaklandığı söylenebilir. Karbon yakınsamasına yönelik literatürde çeşitli ülke gruplarını (Gelişmiş ülkeler, gelişmekte olan ülkeler, Asya ülkeleri, G7, OPEC vd.) ele alan diğer çalışmalar ve bulgularına Deniz (2022)'nin çalışmasından ulaşılabilir.

Karbon histeri hipotezi adıyla olmasa da literatürde Türkiye için karbon emisyonu serisinin birim kök analizine göre çevre politikalarının etkinliğinin ortaya koyulmasını amaçlayan bir çalışma Ulucak ve Erdem (2012) tarafından yapılmıştır. Yazarlar, Türkiye'de çevre politikalarının etkinliğini inceledikleri çalışmalarında 1960-2006 dönemi için karbon emisyonu serisine Lee-Starazicich yapısal kırılmalı birim kök testi uygulamış ve serinin durağan olduğunu tespit etmişlerdir. Bu sonuçtan hareketle, Türkiye'de uygulanan çevre politikalarının uzun dönemde etkili olamayacağına vurgu yapmışlardır.

Literatür araştırmasında görüldüğü karbon histeri hipotezinin yeni bir kavram olması ve dolayısıyla literatürde çok az sayıda çalışma olması nedeniyle bu çalışmanın hem kavram hem de analizde kullanılan yöntem açısından literatüre katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Veri Seti ve Ekonometrik Yöntem

Çalışmada, Türkiye’de karbon histeri hipotezinin geçerli olup olmadığının tespit edilmesi amacıyla, Türkiye için en geniş veri aralığı olan 1960-2021 dönemi için metrik ton cinsinden CO₂ emisyon serisine ait yıllık verilerden yararlanılmıştır. Veri ‘Global Carbon Atlas’ web sitesinden elde edilmiştir. Analiz WinRats 8.1 paket programından yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Ampirik analizde CO₂ emisyon serisine ait uygun gecikme uzunluğu, Schwert’in (1989) çalışmasındaki formül $\left[\left(\frac{n}{100}\right)^{\frac{1}{4}} \times 12\right]$ kullanılmış ve 11 olarak hesaplanmıştır.

Yapısal kırılmalar, zaman serisi analizlerinde durağan-dışılığın nedenlerinden biri olarak gösterilmektedir. Genel olarak ekonomide yapısal kırılmalar; ekonomik politikalarındaki değişimler, ekonominin yapısındaki değişimler veya belirli bir endüstride ortaya çıkan önemli bir gelişmenin yarattığı değişimler olarak tanımlanabilir (Sevüktekin & Çınar, 2017: 413). Ekonomide bu tür yapısal değişimlerin varlığında, bu değişimlerin dikkate alınmaması sonucunda elde edilen sonuçların sapmalı olacağı, bir başka deyişle durağan olan zaman serilerinin durağan olmadığı sonucuna ulaşılabilecektir. Perron (1989), zaman serilerinde yapısal kırılmaların dikkate alınmadığı durumda bulunan durağan-dışılık sonucunu, yapısal kırılmaların dikkate alınması sonucunda serilerin durağan olarak modellenebileceğini ifade etmektedir. Bu modelleme yapısal kırılmayı sıfır ve alternatif hipotezlerde tanımlarken, yapısal kırılmayı dışsal olarak belirleyip ADF birim kök testi uygulanmasını içermektedir. Zamanla yapısal kırılmayı içsel olarak belirleyen testler ortaya çıkmıştır. Zivot ve Andrews (1992) tarafından geliştirilen birim kök testinde tek yapısal kırılma içsel olarak belirlenirken, Lumsdaine ve Papell (1997) tarafından geliştirilen birim kök testinde ise iki yapısal kırılma içsel olarak belirlenebilmektedir. Ancak bu iki birim kök testinin sıfır hipotezi yapısal kırılmalar dikkate alınmadığı durumda durağan-dışılığı ifade ederken, alternatif hipotez ise yapısal kırılma altında durağanlığı ifade etmektedir.

Yapısal kırılmaların içsel olarak belirlendiği testlerden bir diğeri Lee ve Strazicich (2003) tarafından geliştirilen iki kırılmalı birim kök testidir. Bu birim kök testi Schmidt ve Phillips (1992) tarafından geliştirilen LM birim kök testinin genişletilmiş şeklidir. Ayrıca bu test hem sıfır hipotezinde hem de alternatif hipotezde kırılmayı dikkate almaktadır (Lee ve Strazicich, 2003).

$$y_t = \delta'Z_t + e_t, \quad e_t = \beta e_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Denklem 1’de gösterilen Z_t , dışsal değişkenler vektörünü ifade ederken, $\varepsilon_t \sim iid N(0, \sigma^2)$ ise hata terimini göstermektedir. Test regresyonu Denklem 2’deki gibi gösterilmektedir.

$$\Delta y_t = \delta' \Delta Z_t + \phi S_{t-1} + u_t \quad (2)$$

Denklem 2’deki Z_t dışsal değişken vektörü aracılığıyla yapısal kırılmalar tanımlanabilmektedir. Düzeyde ve trendde iki kırılma olması halinde $Z_t = (1, t, D_{1t}, D_{2t}, DT_{1t}, DT_{2t})$ olacaktır. LS (2003) birim kök testinde Denklem 2’den hareketle serinin birim kök içerip içermediği sınıanabilir. Sıfır hipotezi ($H_0: \phi = 0$) serinin yapısal kırılma altında birim köklü olduğunu, alternatif hipotez ise ($H_1: \phi < 0$) serinin yapısal kırılma altında durağan olduğunu göstermektedir.

Im ve Schmidt (2008) hata terimlerinin normal dağılıma sahip olmadığı durumda sonuçların sapmalı olabileceğini belirterek “Kalıntılarla Genişletilmiş En Küçük Kareler” (RALS) prosedürünü geliştirmiştir. Meng vd. (2014), RALS prosedürünü kullanarak RALS-LM birim kök testini literatüre kazandırmıştır. Bu birim kök testi yapısal kırılmanın dikkate alınmadığı durumu ve sabit terimde 1 ve 2 yapısal kırılmanın dikkate alındığı durumu belirtirken, Meng vd. (2017) tarafından geliştirilen test ile sabit terimde ve trendde 1 ve 2 kırılma dikkate alınmaktadır. Yapısal kırılmanın dikkate alınmadığı Meng vd. (2014) testi, Schmidt ve Phillips (1992) tarafından geliştirilen LM testinin RALS hali iken; sabit terimde 1 ve 2 yapısal kırılmanın dikkate alındığı Meng vd. (2014) testi ile sabit terimde ve trendde 1 ve 2 yapısal kırılmanın dikkate alındığı Meng vd. (2017) testi ise LS (2003, 2004) testinin RALS halidir. RALS-LM testinde kalıntıların normal dağılıma sahip olmadığı durumda, kalıntılara ait ikinci ve üçüncü momentler hesaplanarak, Denklem 3’te gösterilen ve \hat{w}_t adı verilen kalıntılarla genişletilmiş değişkenler elde edilir.

$$\hat{w}_t = [\hat{e}_t^2 - m_2, \hat{e}_t^3 - m_3 - 3m_2\hat{e}_t] \quad (3)$$

\hat{w}_t değişkeninin Denklem 2’deki LM test regresyonuna eklenmesiyle Denklem 4’teki RALS-LM test regresyonu elde edilmektedir:

$$\Delta y_t = \delta' \Delta Z_t + \phi S_{t-1} + \hat{w}_t' \gamma + u_t \quad (4)$$

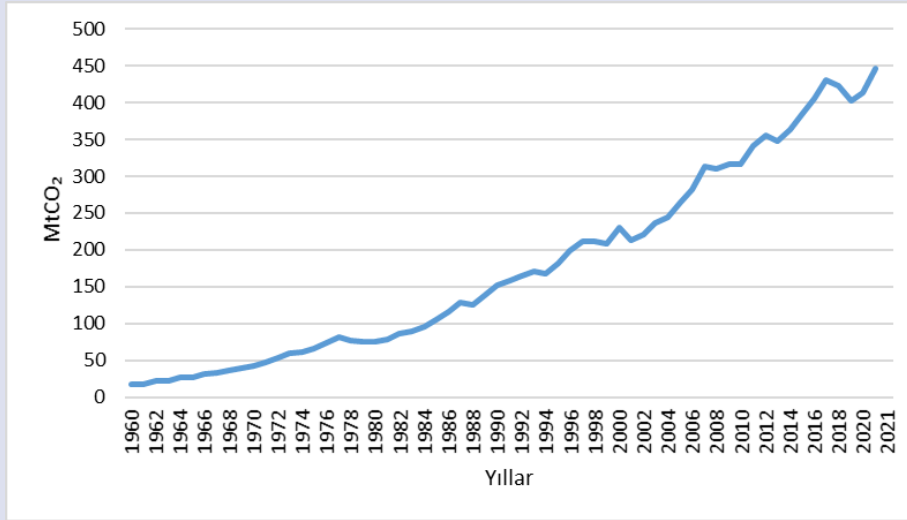
RALS-LM birim kök testinde sıfır hipotezi ($H_0: \theta = 0$) serinin durağan olmadığını, alternatif hipotez ise ($H_1: \theta < 0$) serinin durağan olduğunu göstermektedir. Elde edilen test istatistiği mutlak değerce kritik değerden küçük ise birim kökün varlığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilememektedir.

Güç ve boyut özellikleri dikkate alındığında RALS-LM birim kök testlerinin, hataların normal dağılmadığı durumda geleneksel birim kök testlerinden daha güçlü sonuçlar verdiği bilinmektedir (Meng ve ark., 2017: 35-36).

Ampirik Bulgular

Türkiye’de KHH’nin geçerliliğinin tespitine yönelik analiz bulgularına geçilmeden önce karbon emisyonlarının yıllar içinde nasıl bir eğilim gösterdiği Şekil 3’ten gözlenebilir.

Şekil 3’te görüldüğü gibi dünyadakine benzer şekilde Türkiye’de de karbon emisyonları 1960-2021 dönemi boyunca sürekli artan bir seyir izlemektedir. Dolayısıyla karbon emisyonlarının bir histeri etkisi altında bulunma ihtimali söz konusu olabilir. Bu ihtimalin değerlendirildiği çalışmada öncelikle LS (2003) birim kök testi yapılmış ve sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir.



Şekil 3: 1960-2021 Yılları Arasında Türkiye’de Karbon Emisyonu (Global Carbon Atlas)
Carbon Emission in Türkiye Between 1960-2021 (Global Carbon Atlas)

Çizelge 1: Lee Strazicich (2003) Birim Kök Testi Sonuçları

Table 1: Lee Strazicich (2003) Unit Root Test Results

Değişken	Kırılma Tarihleri	Test İstatistiği	Kritik Değerler			Jarque-Bera
			%1	%5	%10	
CO ₂	1987 2009	-5,9859*	-7,0320	-6,3750	-6,0110	0,037502

NOT: *, %1 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Çizelge 2: Meng vd. (2017) RALS-LM Birim Kök Testi Sonuçları

Table 2: Meng et al. (2017) RALS-LM Unit Root Test Results

Değişken	Kırılma Tarihleri	ρ^2	Test İstatistiği	Kritik Değerler		
				%1	%5	%10
CO ₂	1987 2004	0,80821	-4,83048*	-4,752	-4,133	-3,824

NOT: *, %1 anlamlılık düzeyini göstermektedir

Çizelge 1’deki sonuçlara göre -5,98 olarak hesaplanan τ_{LM} test istatistiği %1 anlamlılık düzeyindeki kritik değer olan -7,03’ten mutlak değerce daha küçük olduğu için yapısal kırılmalı birim kökün varlığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilememektedir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli sonuç hata terimlerin normal dağılıp dağılmadığını gösteren Jarque- Bera testidir. Jarque- Bera testi olasılık değeri 0,05’ten küçük olduğu için hata terimlerinin normal dağılmadığı ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple analiz RALS-LM birim kök testi ile gerçekleştirilebilmektedir. Çizelge 2’de Meng vd. (2017) RALS-LM birim kök testinin sonuçları gösterilmektedir.

Çizelge 2’deki sonuçlara göre -4,83 olarak hesaplanan $\tau_{RALS-LM}$ test istatistiği %1 anlamlılık düzeyindeki kritik değer olan -4,75’ten mutlak değerce daha büyük olduğu için yapısal kırılmalı birim kökün varlığını ifade eden sıfır hipotezi reddedilerek, serinin durağan olduğu tespit edilmiştir. LS birim kök testi ile RALS-LM birim kök testinin farklı sonuçlar vermesinin sebebi, hata terimlerinin normal dağılmadığı durumda RALS-LM birim kök testinin daha güçlü sonuçlar vermesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle RALS-LM birim kök testinin geleneksel birim kök testlerinden daha üstün olduğu görülmektedir. Dolayısıyla Türkiye’de KHH’nin geçerli

olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçtan hareketle karbon emisyonlarına yönelik politikaların sadece geçici bir etkiye sahip olduğu söylenebilir. Bu bulgu Ulucak ve Erdem (2012) tarafından yapılan çalışmanın bulgularıyla örtüşürken, Çağlar ve Mert (2022)’nin çalışmalarındaki bulgulardan farklılık göstermektedir. Farklılığın nedeninin ele alınan dönem, veri kaynağı ve yöntemden kaynaklandığı düşünülmektedir.

RALS-LM birim kök testi sonucunda kırılma tarihleri 1987 ve 2004 yılları olarak bulunmuştur. Karbondioksit emisyonlarındaki bu kırılma tarihleri büyüme oranları ile açıklanabilmektedir. Türkiye, 1987 ve 2004 yıllarında sırasıyla %9,5 ve %9,6 oranında büyüme göstermiş ve söz konusu yıllar analiz dönemi içinde büyümenin en fazla olduğu yıllar olarak kayda geçmiştir (Hazine ve Maliye Bakanlığı, 2023).

Sonuç ve Öneriler

Çalışmada, Türkiye’de karbon tarihi hipotezinin geçerliliği sınamak için 1960-2021 dönemini kapsayan yıllık metrik ton cinsinden CO₂ emisyonu verileri ile birim kök analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda ilk olarak CO₂ emisyonu serisine LS (2003) iki yapısal kırılmalı birim kök

testi yapılmış ve serinin durağan olmadığı bulunmuştur. Ancak LS birim kök testinden elde edilen kalıntılar normal dağılıma sahip olmadığı için analizde bu durumu dikkate alan ve Meng vd. (2017) tarafından geliştirilen RALS-LM birim kök testi uygulanmıştır. Test sonucunda CO₂ emisyon serisinin durağan olduğu tespit edilmiş, dolayısıyla Türkiye’de karbon histeri hipotezinin geçerli olmadığı belirlenmiştir. Bir başka deyişle CO₂ emisyon serisinin durağan bulunması, seriye gelen şokların kalıcı olmadığını bu nedenle uygulanacak çevre politikalarının etkisinin geçici olacağını ifade etmektedir.

Karbon histeri hipotezinin Türkiye’de geçersiz olmasının nedenlerinden biri çevresel bozulmayı önlemeye yönelik olarak alınan vergilerin yeterince etkili bir araç olmamasıdır. OECD ülkeleri içerisinde çevre vergilerinin GSYH’deki payının görece yüksek olmasına rağmen Türkiye’nin yalnızca yüksek vergiler üzerinden iklim değişikliğiyle mücadele politikasının bu yolda önemli bir gelişme sağlayamadığını söylemek mümkündür. Diğer bir neden, Türkiye’de yenilenebilir enerji yatırımlarının ve teşviklerinin yeterli düzeyde olmamasıdır. Türkiye’nin halen söz konusu yatırımlarda Avrupa’nın oldukça gerisinde olduğu bilinmektedir.

Türkiye karbon emisyonlarını azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla yatırım yapmalı, çevrenin korunmasına yönelik vergileri bütçeye gelir sağlamaktan ziyade caydırıcı amaçla ve etkin oranlarda uygulamalı, Avrupa Birliği ile ticaretinin sürdürülebilirliği için Emisyon Ticaret Sistemi uygulamasına ivedilikle geçmeli, iklim değişikliğiyle mücadelede kamu ve özel sektörün işbirliğini teşvik etmelidir. Böylece çevre politikalarının etkileri uzun vadede daha fazla kalıcı olabilir.

Extended Summary

In recent years, climate change has become one of the biggest problems on a global scale. The United Nations, which has been at the forefront of the fight against climate change, has facilitated numerous conferences and agreements in this regard. The first conference on the environment was the United Nations Conference on the Human Environment in Stockholm in 1972, and one of the most important outcomes of this conference was the establishment of the United Nations Environment Program (UNEP) (United Nations, 2023). The second of the global conferences on the environment is the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), also known as the "Earth Summit, held in Rio de Janeiro, Brazil, in 1992. The most important achievement of the conference is the opening of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) for signature. The goal of the convention is to stabilize greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic (human-induced) interference with the climate system (United Nations Climate Change, 2023). The first international treaty to set legally binding targets for reducing greenhouse gas emissions was the Kyoto Protocol, signed in Japan in 1997.

In 2015, countries signed the Paris Agreement, which will replace the Kyoto Protocol. The Paris Agreement is a legally binding international treaty on climate change that entered into force in November 2016.

The United Nations continues to hold regular conferences on climate change every year, even after the Paris Agreement. Each conference emphasises the importance of collective action by urging countries to achieve the goals set forth in the Paris Agreement. However, despite all these efforts, it is observed that greenhouse gas emissions are increasing rather than decreasing worldwide. It is well known that CO₂ is the most emitted gas among greenhouse gases. Despite the fact that the Kyoto Protocol has been adopted by 184 countries and the Paris Agreement by 194 countries, the question of why carbon emissions in the world are constantly increasing is one of the questions that researchers are curiously seeking answers to.

The fact that carbon emissions show a continuous upward trend also suggests the possibility of a hysteresis effect, as in the unemployment hysteresis hypothesis. Çağlar and Mert (2022) explained this situation with a new concept, the carbon hysteresis hypothesis (CHH). As is well known, the hysteresis effect implies that the effect of the shock on the macroeconomic variable under consideration is permanent, that is, the series cannot return to its previous equilibrium level even though the effect of the shock has passed. Similar to the unemployment hysteresis hypothesis of Blanchard and Summers (1986, 1987), Çağlar and Mert (2022) investigate the existence of the hysteresis effect for the carbon emission series using unit root analysis. According to the analysis, if the series contains a unit root, the CHH is valid; if the series is stationary, it means that the CHH is invalid. If the CHH is found to be valid, the presence of a positive or negative hysteresis effect, the second stage, is investigated. For this, the equation of the form $CO_{2t} = \beta_0 + \beta_1 t + u_t$ is estimated. In the equation, t represents the trend and u represents the error term. A positive coefficient of β_1 , which is the coefficient of the trend, indicates the presence of positive hysteresis, while a negative coefficient of β_1 indicates the presence of negative hysteresis (Çağlar & Mert, 2022: 1591-1592).

In this study, CO₂ emissions are discussed in terms of the hysteresis hypothesis. For this purpose, it is examined whether carbon hysteresis is valid in Türkiye in the period 1960-2021. Although Türkiye is a signatory to the Kyoto Protocol, it has been participating in voluntary carbon markets since 2005. Türkiye, which signed the Paris Agreement that replaced the Kyoto Protocol in 2016 and ratified it in 2021, submits its plans to fulfil its responsibilities under the agreement to the United Nations under the name of National Contribution Statements (Yüksel vd., 2012: 12). Therefore, it is believed that it will contribute to the literature in terms of examining whether the policies implemented to reduce carbon emissions in Türkiye are effective through a new concept such as CHH and a current method such as the Residual Augmented Least Squares (RALS-LM) unit root test.

The study used annual data of the CO₂ emission series in tonnes for the period 1960-2021, which is the longest data range for Türkiye, to determine whether the carbon hysteresis hypothesis is valid for Türkiye. The data were obtained from the Global Carbon Atlas website. The analysis was carried out using the WinRats 8.1 package programme. In the empirical analysis, the appropriate lag length of the CO₂ emission series was calculated using the formula $[(n/100)^{(1/4)} \times 12]$ in Schwert's (1989) study and was found to be 11.

In this regard, first, the LS (2003) unit root test with two structural breaks was applied to the CO₂ emissions series, and it was found that the series is non-stationary. However, since the residuals obtained from the LS unit root test do not have a normal distribution, the RALS-LM unit root test developed by Meng et al. (2017), which allows the residuals not to have a normal distribution, was applied in the analysis. According to the result of this unit root test, it is concluded that the CO₂ emission series is stationary. As a result of the RALS-LM unit root test, the break dates were found to be 1987 and 2004. These break dates of carbon dioxide emissions can be explained by growth rates. Türkiye had a growth rate of 9.5% and 9.6% in 1987 and 2004 respectively, and these years were recorded as the years with the highest growth in the analysis period (Ministry of Treasury and Finance). In this context, according to the results of the analysis, it was found that the carbon hysteresis hypothesis was not valid in Türkiye between the years 1960-2021. In other words, the fact that the CO₂ emission series is stationary indicates that the shocks to the series are not

permanent and therefore the effects of the environmental policies to be implemented will be temporary.

One of the reasons why the carbon hysteresis hypothesis is invalid in Türkiye is that taxes are not an effective tool for preventing environmental degradation. Although the share of environmental taxes in GDP is relatively high among OECD countries, it can be said that Türkiye's policy of fighting climate change only through high taxes has failed to make significant progress in this direction. Another reason is the insufficient level of investment and incentives for renewable energy in Türkiye. It is well known that Türkiye still lags far behind Europe in terms of such investments.

Türkiye should invest more in renewable energy sources to reduce carbon emissions, levy environmental taxes at effective rates to act as a deterrent rather than a source of revenue for the budget, implement the Emissions Trading Scheme to ensure the sustainability of its trade with the European Union, and encourage cooperation between the public and private sectors in the fight against climate change. In this way, the effects of environmental policy can be more sustainable in the long term.

Katkı Oranları ve Çıkar Çatışması / Contribution Rates and Conflicts of Interest

Etik Beyan	Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur.	Ethical Statement	It is declared that scientific and ethical principles have been followed while carrying out and writing this study and that all the sources used have been properly cited
Yazar Katkıları	Çalışmanın Tasarlanması: KFC (%55), ÖB (%45) Veri Toplanması: KFC (%40), ÖB (%60) Veri Analizi: KFC (%60), ÖB (%40) Makalenin Yazımı: KFC (%40), ÖB (%60) Makale Gönderimi ve Revizyonu: KFC (%60), ÖB (%40)	Author Contributions	Research Design: KFC (%55), ÖB (%45) Data Collection: KFC (%40), ÖB (%60) Data Analysis: KFC (%60), ÖB (%40) Writing the Article: KFC (%40), ÖB (%60) Article Submission and Revision: KFC (%60), ÖB (%40)
Etik Bildirim	iibfdergi@cumhuriyet.edu.tr	Complaints	iibfdergi@cumhuriyet.edu.tr
Çıkar Çatışması	Çıkar çatışması beyan edilmemiştir.	Conflicts of Interest	The author(s) has no conflict of interest to declare.
Finansman	Bu araştırmayı desteklemek için dış fon kullanılmamıştır.	Grant Support	The author(s) acknowledge that they received no external funding in support of this research.
Telif Hakkı & Lisans	Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.	Copyright & License	Authors publishing with the journal retain the copyright to their work licensed under the CC BY-NC 4.0.

Kaynakça

- Ahmad, A., Zhao, Y., Shahbaz, M., Bano, S., Zhang, Z., Wang, S., & Liu, Y. (2016). Carbon emissions, energy consumption and economic growth: An aggregate and disaggregate analysis of the Indian economy. *Energy Policy*, 96, 131-143.
- Ahmed, K. & Long, W. (2012). Environmental Kuznets curve and Pakistan: An empirical analysis. *Procedia Economics and Finance*, 1, 4-13.
- Alam, M. J., Begum, I. A., Buysse, J., Rahman, S., & Van Huylenbroeck, G. (2011). Dynamic modeling of causal relationship between energy consumption, CO2 emissions and economic growth in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 3243-3251.
- Aldy, J. E. (2006). Per capita carbon dioxide emissions: convergence or divergence? *Environmental and Resource Economics*, 33(4), 533-555.
- Al-Mulali, U., Saboori, B., & Ozturk, I. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in Vietnam. *Energy policy*, 76, 123-131.
- Arouri, M. E. H., Youssef, A. B., M'henni, H., & Rault, C. (2012). Energy consumption, economic growth and CO2 emissions in Middle East and North African countries. *Energy policy*, 45, 342-349.
- Atici, C. (2009). Carbon emissions in Central and Eastern Europe: environmental Kuznets curve and implications for sustainable development. *Sustainable Development*, 17(3), 155-160.
- Balibey, M. (2015). Relationships among CO2 emissions, economic growth and foreign direct investment and the Ekc hypothesis in Turkey. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5(4), 1042-1049.
- Barassi, M. R., Cole, M. A., & Elliott, R. J. (2008). Stochastic divergence or convergence of per capita carbon dioxide emissions: re-examining the evidence. *Environmental and Resource Economics*, 40(1), 121-137.
- Bilgili, F., Koçak, E., & Bulut, Ü. (2016). The dynamic impact of renewable energy consumption on CO2 emissions: a revisited environmental Kuznets curve approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 838-845.
- Birleşmiş Milletler, (2023a). <https://www.un.org/en/conferences/environment/>
- Birleşmiş Milletler, (2023b). Marking the Kyoto Protocol's 25th anniversary. <https://www.un.org/en/climatechange/marking-kyoto-protocol%E2%80%99s-25th-anniversary>
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği, (2023). What is the Kyoto Protocol? https://unfccc.int/kyoto_protocol
- Blanchard, O. J., & Summers, L. H. (1986). Hysteresis and the European unemployment problem. *NBER macroeconomics annual*, 1, 15-78.
- Blanchard, O. J., & Summers, L. H. (1987). Hysteresis in unemployment. *Eur. Econ. Rev.* 31 (1), 288-295.
- Boubellouta, B. & Kusch-Brandt, S.(2020). Testing the environmental Kuznets Curve hypothesis for E-waste in the EU28+2 countries. *Journal of Cleaner Production*, 277, 1-11.
- Bölük, G. & Mert, M. (2015). The renewable energy, growth and environmental Kuznets curve in Turkey: an ARDL approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 587-595.
- Carmarero, M., Picazo-Tadeo, A.J. & Tamarit, C. (2008). Is the environmental performance of industrialized countries converging? A sure approach to testing for convergence. *Ecological Economics*, 66(4), 653-661.
- Cho, C. H., Chu, Y. P., & Yang, H. Y. (2014). An environment Kuznets curve for GHG emissions: a panel cointegration analysis. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 9(2), 120-129.
- Cağlar, A. E., & Mert, M. (2022). Carbon hysteresis hypothesis as a new approach to emission behavior: a case of top five emitters. *Gondwana Research*, 109, 171-182.
- Cağlar, A.E. & Mert, M. (2022). Türkiye'de karbon histeri hipotezi geçerli midir?: Fourier birim kök testlerinden kanıtlar. *Fiscaoeconomia*, 6(3), 1587-1610. Doi: 10.25295/fsecon.1119030.
- Cetin, M. & Ecevit, E. (2017). The impact of financial development on carbon emissions under the structural breaks: Empirical evidence from Turkish economy. *International Journal of Economics Perspectives*, 11(1), 64-78.
- Dar, J. A. & Asif, M. (2018). Does financial development improve environmental quality in Turkey? An application of endogenous structural breaks based cointegration approach. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 29(2), 368-384.
- Deniz, P. 2022. Convergence in CO2 emissions. *Topics in Middle Eastern and African Economies Proceedings of Middle East Economic Association*, 24(1), 21-46.
- Destek, M. A. & Ozsoy, F.N. (2015). Relationships between economic growth, energy consumption, globalization, urbanization and environmental degradation in Turkey. *International Journal of Energy and Statistics*, 3(4), 1550017-1550017-13.
- Du, L., Wei, C., & Cai, S. (2012). Economic development and carbon dioxide emissions in China: Provincial panel data analysis. *China Economic Review*, 23(2), 371-384.
- Farhani, S., Chaibi, A., & Rault, C. (2014). CO2 emissions, output, energy consumption, and trade in Tunisia. *Economic Modelling*, 38, 426-434.
- Fei, L., Dong, S., Xue, L., Liang, Q., & Yang, W. (2011). Energy consumption-economic growth relationship and carbon dioxide emissions in China. *Energy Policy*, 39(2), 568-574.
- Fodha, M., & Zaghoud, O. (2010). Economic growth and pollutant emissions in Tunisia: an empirical analysis of the environmental Kuznets curve. *Energy Policy*, 38(2), 1150-1156.
- Global Carbon Atlas, (2023). <https://globalcarbonatlas.org/emissions/carbon-emissions/>.
- Gokmenoglu, K. & Taspinar, N. (2016). The relationship between CO2 emissions, energy consumption, economic growth and FDI: The case of Turkey. *Journal of International Trade & Economic Development*, 25(5), 706-723.
- Gozgor, G. & Can, M. (2016). Export product diversification and the environmental Kuznets curve: Evidence from Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(21), 21594-21603
- Halicioglu, F. (2009). An econometric study of CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey. *Energy Policy*, 37(3), 1156-1164.
- Hazine ve Maliye Bakanlığı, (2023). <https://www.hmb.gov.tr/ekonomik-gostergeler>.
- Im, K. S. & Schmidt, P. (2008). More efficient estimation under non-normality when higher moments do not depend on the regressors, using residual augmented least squares. *Journal of Econometrics*, 144(1), 219-233.
- International Energy Agency, (2022, Mart). Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021, 1-14. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2>.
- Katircioglu, S. (2017). Investigating the role of oil prices in the conventional EKC model: Evidence from Turkey. *Asian Economic and Financial Review*, 7(5), 498-508.
- Katircioglu, S. T. & Taspinar, N. (2017). Testing the moderating role of financial development in an environmental Kuznets curve: Empirical evidence from Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 572-586.
- Koçak, E. & Şarkgüneşi, A. (2018). The impact of foreign direct investment on CO2 emissions in Turkey: New evidence from cointegration and bootstrap causality analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(1), 790-804.

- Kohler, M. (2013). CO2 emissions, energy consumption, income and foreign trade: A South African perspective. *Energy Policy*, 63, 1042-1050.
- Lau, L. S., Choong, C. K., & Eng, Y. K. (2014). Investigation of the environmental Kuznets curve for carbon emissions in Malaysia: Do foreign direct investment and trade matter?. *Energy Policy*, 68, 490-497.
- Lean, H. H. & Smyth, R. (2010). CO2 emissions, electricity consumption and output in ASEAN. *Applied Energy*, 87(6), 1858-1864.
- Lee, C. C. & Chang, C. P. (2008). New evidence on the convergence of per capita carbon dioxide emissions from panel seemingly unrelated regressions augmented Dickey-Fuller tests. *Energy*, 33(9), 1468-1475.
- Lee, C. C. & Chang, C. P. (2009). Stochastic convergence of per capita carbon dioxide emissions and multiple structural breaks in OECD countries. *Economic Modelling*, 26(6), 1375-1381.
- Lee, J. & Strazicich, M. C., (2003). Minimum lagrange multiplier unit root test with two structural breaks. *Review of Economics and Statistics*, 85(4), 1082-1089.
- Lee, J. & Strazicich, M. C., (2004). Minimum LM unit root test with one structural break. *Appalachian State University Working Papers*, 04-17, 1-15.
- Lumsdaine, R. L. & Papell, D. H. (1997). Multiple trend breaks and the unit-root hypothesis. *Review of Economics and Statistics*, 79(2), 212-218.
- Magazzino, C. (2019). Testing the stationarity and convergence of CO2 emissions series in MENA countries. *International Journal of Energy Sector Management*, 13(4), 977-990. <https://doi.org/10.1108/IJESM-09-2018-0008>.
- Marrero, G. A. (2010). Greenhouse gases emissions, growth and the energy mix in Europe. *Energy Economics*, 32(6), 1356-1363.
- Meng, M., Im, K. S., Lee, J., & Tieslau, M. A. (2014). More powerful LM unit root tests with non-normal errors. *Festschrift in Honor of Peter Schmidt: Econometric Methods and Applications*, 343-357.
- Meng, M., Lee, J., & Payne, J. E. (2017). RALS-LM unit root test with trend breaks and non-normal errors: application to the Prebisch-Singer hypothesis. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 21(1), 31-45.
- Nasir, M. & Rehman, F. U. (2011). Environmental Kuznets curve for carbon emissions in Pakistan: an empirical investigation. *Energy Policy*, 39(3), 1857-1864.
- Öztürk, İ. & Acaravcı, A. (2010). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3220-3225.
- Öztürk, İ. & Acaravcı, A. (2013). The long-run and causal analysis of energy, growth, openness and financial development on carbon emissions in Turkey. *Energy Economics*, 36, 262-267.
- Öztürk, İ. & Al-Mulali, U. (2015). Investigating the validity of the environmental Kuznets curve hypothesis in Cambodia. *Ecological Indicators*, 57, 324-330.
- Pao, H. T. & Tsai, C. M. (2011). Multivariate Granger causality between CO2 emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries. *Energy*, 36(1), 685-693.
- Perron, P. (1989). The great crash, the oil price shock, and the unit root hypothesis. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 1361-1401.
- Presno, M. J., Landajo, M., & González, P. F. (2018). Stochastic convergence in per capita CO2 emissions. An approach from nonlinear stationarity analysis. *Energy Economics*, 70, 563-581.
- Robalino-López, A., García-Ramos, J. E., Golpe, A. A., & Mena-Nieto, Á. (2014). System dynamics modelling and the environmental Kuznets curve in Ecuador (1980-2025). *Energy Policy*, 67, 923-931.
- Romero-Ávila, D. (2008). Convergence in carbon dioxide emissions among industrialised countries revisited. *Energy Economics*, 30(5), 2265-2282.
- Saboori, B., Sulaiman, J., & Mohd, S. (2012). Economic growth and CO2 emissions in Malaysia: a cointegration analysis of the environmental Kuznets curve. *Energy Policy*, 51, 184-191.
- Saboori, B. & Sulaiman, J. (2013). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) countries: A cointegration approach. *Energy*, 55, 813-822.
- Saboori, B., Sulaiman, J., & Mohd, S. (2016). Environmental Kuznets curve and energy consumption in Malaysia: A cointegration approach. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 11(9), 861-867.
- Sarkodie, S. A. & Ozturk, I. (2020). Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in Kenya: A multivariate analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 117, 109481.
- Schmidt, P. & Phillips, P. C. (1992). LM tests for a unit root in the presence of deterministic trends. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 54(3), 257-287.
- Schwert, G. W. (1989). Tests for unit roots: A monte carlo investigation. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(1), 5-17.
- Sevüktekin, M. & Çınar, M. (2017). Ekonomik zaman serileri analizi. Dora Yayıncılık.
- Shahbaz, M., Lean, H. H., & Shabbir, M. S. (2012). Environmental Kuznets curve hypothesis in Pakistan: cointegration and Granger causality. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2947-2953.
- Shahbaz, M., Solarin, S. A., Mahmood, H., & Arouri, M. (2013). Does financial development reduce CO2 emissions in Malaysian economy? A time series analysis. *Economic Modelling*, 35, 145-152.
- Shahbaz, M., Ozturk, I., Afza, T., & Ali, A. (2013). Revisiting the environmental Kuznets curve in a global economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 494-502.
- Shahbaz, M., Khraief, N., Uddin, G. S., & Ozturk, I. (2014). Environmental Kuznets curve in an open economy: a bounds testing and causality analysis for Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 34, 325-336.
- Shahbaz, M., Sbia, R., Hamdi, H., & Ozturk, I. (2014). Economic growth, electricity consumption, urbanization and environmental degradation relationship in United Arab Emirates. *Ecological Indicators*, 45, 622-631.
- Solarin, S. A. (2019). Convergence in CO 2 emissions, carbon footprint and ecological footprint: evidence from OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(6), 6167-6181.
- Strazicich, M. C. & List, J. A. (2003). Are CO 2 emission levels converging among industrial countries?. *Environmental and Resource Economics*, 24(3), 263-271.
- Ulucak, R. & Erdem, E. (2012). Çevre- iktisat ilişkisi ve Türkiye'de çevre politikalarının etkinliği. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 4(6), 78-98.
- Wang, S., Li, Q., Fang, C., & Zhou, C. (2016). The relationship between economic growth, energy consumption, and CO2 emissions: Empirical evidence from China. *Science of the Total Environment*, 542, 360-371.
- Westerlund, J. & Basher, S.A. (2008). Testing for convergence in carbon dioxide emissions using a century of panel data. *Environmental and Resource Economics*, 40(1), 109-120.

Yavuz, N. Ç. (2014). CO2 emission, energy consumption, and economic growth for Turkey: Evidence from a cointegration test with a structural break. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 9(3), 229-235.

Yıldız, Ü. & Boz, F.Ç. (2020). Econometric analysis of convergence in carbon emissions per capita for MENA countries. *BAİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(3), 579-588. <https://doi.org/10.11616/basbed.v20i56819.749539>.

Yurttagüler, İ. & Kutlu, S. (2017). An econometric analysis of the environmental Kuznets curve: The case of Turkey. *Alphanumeric Journal*, 5(1), 115.

Yüksel, B.E., Özcan, M., & Ocaklı, E. (2012). Türkiye gönüllü karbon piyasalarının değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10, 10-25.

Zivot, E. & Andrews, D.W.K., (1992). Further evidence on the great crash, the oil-price shock, and the unit-root hypothesis. *Journal of Business & Economic Statistics*, 10, 251-270.